

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung



**Aktenzeichen:** 103 03 573.7

**Anmeldetag:** 30. Januar 2003

**Anmelder/Inhaber:** ROBERT BOSCH GMBH,  
Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Verfahren, Computerprogramm, Speichermedium  
und Steuer- und/oder Regelgerät zum Betreiben  
einer Brennkraftmaschine, sowie Brennkraftmaschine  
insbesondere für ein Kraftfahrzeug

**IPC:** F 02 D 41/20



Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 06. November 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Kahle

5 29.01.2003 SCH/NEG  
Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart



Verfahren, Computerprogramm, Speichermedium und Steuer- und/oder Regelgerät zum  
Betreiben einer Brennkraftmaschine, sowie Brennkraftmaschine insbesondere für ein  
Kraftfahrzeug

15 Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine,  
bei dem Kraftstoff von einem Injektor in einen Brennraum eingespritzt wird, wobei der  
Injektor einen ansteuerbaren Piezoaktor aufweist, und bei dem ein Vorsteuer-Sollwert  
für die Ansteuerung des Piezoaktors erzeugt wird. Die Erfindung betrifft ebenfalls ein  
Computerprogramm, ein Speichermedium, ein Steuer- und/oder Regelgerät und eine  
Brennkraftmaschine insbesondere für ein Kraftfahrzeug.



Ein derartiges Verfahren ist aus der DE 101 48 217.5 bekannt. Dort ist ein Injektor für  
die Einspritzung von Kraftstoff vorgesehen, dessen Ventilnadel mit einem Piezoaktor  
verbunden ist. Wenn an dem Piezoaktor eine Spannung angelegt wird, erfährt dieser  
eine Längenänderung, die er auf die Ventilnadel überträgt. Diese hebt somit von ihrem  
Ventilsitz ab, so dass Kraftstoff unter hohem Druck aus dem Injektor in den Brennraum  
der Brennkraftmaschine eingespritzt werden kann.

Zur Ansteuerung des Piezoaktors ist vorgesehen, dass von einer Vorsteuerung ein Sollwert erzeugt wird, der nicht nur abhängig ist von der erwünschten, einzuspritzenden Kraftstoffmasse oder -menge, sondern bei der auch weitere Einflussgrößen berücksichtigt werden, die eine Verfälschung des Sollwerts bewirken könnten. Derartige  
 5 Einflussgrößen sind beispielsweise die Temperatur des Injektors oder dessen Alterung oder dergleichen.

Die vorliegende Erfindung hat die Aufgabe, ein Verfahren der eingangs genannten Art so weiterzubilden, dass der Kraftstoff noch präziser eingespritzt wird.

#### Vorteile der Erfindung

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der Vorsteuer-Sollwert mit einer Ladungsregelung der dem  
 15 Piezoaktor zugeführten Ladungsmenge verknüpft wird. Bei einem Computerprogramm, einem Speichermedium, einem Steuer- und/oder Regelgerät und bei einer Brennkraftmaschine wird die Aufgabe erfindungsgemäß entsprechend gelöst.

Aufgrund der Ladungsregelung kann der Piezoaktor und damit die einzuspritzende Kraftstoffmenge von dem erfindungsgemäßen Verfahren mit sehr hoher Präzision  
 20 eingestellt werden. Dies wirkt sich einerseits günstig auf den Kraftstoffverbrauch der Brennkraftmaschine aus, führt andererseits aber auch zu einem besseren Emissionsverhalten einer solchermaßen betriebenen Brennkraftmaschine.

Bei einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung werden bei der Ladungsregelung ein Soll-Hub und ein Ist-Hub der Ventilnadel des Injektors miteinander verknüpft, vorzugsweise durch eine Differenzbildung. Der Ist-Hub wird dabei vorzugsweise in Abhängigkeit von der dem Piezoaktor zugeführten  
 25 Ladungsmenge ermittelt, insbesondere in Abhängigkeit von einer Spannung an einem Kondensator, der von einem Teil des dem Piezoaktor zugeführten Stroms beaufschlagt  
 30

wird. Eine derartige Ladungsregelung ermöglicht eine äußerst genaue und zuverlässige Ansteuerung des Piezoaktors, so dass Fehler, die durch die Vorsteuerung alleine nicht ausgeglichen werden könnten, durch die Ladungsregelung kompensiert werden.

- 5 Bei einer besonders vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist die Ladungsregelung mit einer Spannungsregelung verknüpft. Vorzugsweise wird der von der Vorsteuerung erzeugte Sollwert mit derjenigen Spannung verknüpft, der an dem Piezoaktor anliegt. Auf diese Weise ist es insbesondere bei einer nicht ausreichend schnellen Ladungsregelung möglich, eine hohe Genauigkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens auch in diesem Fall zu erreichen.

Die Erfindung betrifft auch ein Computerprogramm, welches zur Durchführung des obigen Verfahrens geeignet ist, wenn es auf einem Computer ausgeführt wird. Dabei wird besonders bevorzugt, wenn das Computerprogramm auf einem Speichermedium, insbesondere auf einem Flash-Memory, abgespeichert ist.

15 Gegenstand der Erfindung ist auch ein Steuer- und/oder Regelgerät zum Betreiben einer Brennkraftmaschine. Um die Brennkraftmaschine leistungs- und emissionsoptimal betreiben zu können, wird vorgeschlagen, dass das Steuer- und/oder Regelgerät einen Speicher umfasst, auf dem ein Computerprogramm der obigen Art abgespeichert ist.

20 Weiterhin betrifft die Erfindung eine Brennkraftmaschine mit einem Brennraum und mit einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung, welche einen Piezoaktor umfasst und über welche der Kraftstoff in den Brennraum gelangt. Damit die Brennkraftmaschine leistungs- und emissionsoptimal betrieben werden kann, wird vorgeschlagen, dass sie ein Steuer- und/oder Regelgerät der obigen Art umfasst.

Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in den Figuren der Zeichnung dargestellt sind. Dabei bilden alle beschriebenen oder

dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Patentansprüchen oder deren Rückbeziehung sowie unabhängig von ihrer Formulierung bzw. Darstellung in der Beschreibung bzw. in der Zeichnung.

5

#### Ausführungsbeispiele der Erfindung

Figur 1 zeigt eine schematische Prinzipdarstellung eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine,

Figur 2 zeigt eine teilweise geschnittene Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung für die Brennkraftmaschine der Figur 1;

Figur 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Verfahrens, nach dem die Brennkraftmaschine der Figur 1 bzw. die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung der Figur 2 betrieben wird, und

15 Figur 4 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Ergänzung zu dem Verfahrens der Figur 3.

In Figur 1 ist eine Brennkraftmaschine 10 dargestellt, die in ein Kraftfahrzeug eingebaut ist. Die Brennkraftmaschine 10 umfasst mehrere Zylinder, von denen in Figur 1 nur ein Zylinder 12 dargestellt ist. In ihm ist ein Kolben 14 aufgenommen, welcher eine Kurbelwelle 16 antreibt. Die Drehzahl der Kurbelwelle 16 wird von einem Drehzahlsensor 18 abgegriffen.

20

Einem Brennraum 20 des Zylinders 12 wird Verbrennungsluft über ein Ansaugrohr 22 und ein in Figur 1 nicht dargestelltes Einlassventil zugeführt. Die Verbrennungsabgase werden aus dem Brennraum 20 über ein Abgasrohr 24 abgeführt, welches über ein in Figur 1 ebenfalls nicht dargestelltes Auslassventil mit dem Brennraum 20 verbunden ist. Kraftstoff wird dem Brennraum 20 über eine als Injektor 26 ausgebildete Kraftstoff-Einspritzvorrichtung direkt eingespritzt. Der Injektor 26 ist mit einem Kraftstoffsystem 28 verbunden, welches in Figur 1 nur symbolisch dargestellt ist. Es umfasst einen Kraftstoffbehälter, eine Vorförderpumpe, eine Hauptförderpumpe, und eine Kraftstoff-

25

30

Sammelleitung ("Rail"), in der der Kraftstoff unter hohem Druck gespeichert ist. Der Injektor 26 ist an die Kraftstoff-Sammelleitung angeschlossen und in den Zylinder 12 der Brennkraftmaschine 10 eingebaut..

- 5 Der sich im Brennraum 20 befindende Kraftstoff wird von einer Zündkerze 30 entzündet. Diese erhält die für eine Zündung notwendige Energie von einem Zündsystem 32. Das Zündsystem 32 wird wiederum von einem Steuer- und/oder Regelgerät 34 angesteuert. Dieses ist ausgangsseitig über eine Endstufe 35 auch mit dem Injektor 26 verbunden und steuert diesen an. Eingangsseitig erhält das Steuer- und/oder
- 10 Regelgerät 34 Signale von einem Temperatursensor 36, welcher die Temperatur des Injektors 26 erfasst. Ferner ist auch der Drehzahlsensor 18 mit dem Steuer- und/oder Regelgerät 34 verbunden. Ein Stellungsgeber 38, welcher die Stellung eines Gaspedals 40 abgreift, liefert ebenfalls Signale an das Steuer- und/oder Regelgerät 34.
- 15 Das Steuer- und/oder Regelgerät 34 kann als analoge elektronische Schaltung aufgebaut sein. Vorzugsweise weist das Steuer- und/oder Regelgerät 34 einen Rechner, beispielsweise einen Mikroprozessor mit Flash-Memory auf. Weiterhin ist das Steuer- und/oder Regelgerät 34 mit den beschriebenen Sensoren und Aktoren verbunden, so dass es deren Signale verarbeiten bzw. Signale zu deren Ansteuerung erzeugen kann.
- 20 Auf dem Flash-Memory ist ein Computerprogramm mit einer Mehrzahl von Programmbefehlen abgespeichert. Das Computerprogramm ist dabei dazu geeignet, die nachfolgend beschriebenen Verfahren auszuführen, wenn es auf dem Mikroprozessor abläuft.
- 25 In der Figur 2 ist der Injektor 26 detaillierter dargestellt. Er umfasst einen Ventilkörper 42, in dem eine von einem Ringraum 48 umgebene Ventilnadel 46 verschieblich untergebracht ist. Die Ventilnadel 46 öffnet "nach außen", also in den Brennraum hinein. An ihrem freien Ende ist die Ventilnadel 46 kegelförmig ausgebildet und sitzt auf einem entsprechenden Ventilsitz auf. Im geöffneten Zustand der Ventilnadel 46 ist
- 30 das Kraftstoffsystem 28 über den Ringraum 48 mit dem Brennraum verbunden. Damit

ergibt sich in diesem geöffneten Zustand ein in den Brennraum gerichteter Kegelstrahl aus Kraftstoff.

Das von der kegelförmigen Ausbildung abgewandte Ende der Ventalnadel 46 ist fest mit einem Piezoaktor 50 gekoppelt. Gegebenenfalls ist auch eine hydraulische Kopplung möglich. Bei dem Piezoaktor 50 handelt es sich um eine schichtartig aufgebaute Säule aus einer Vielzahl von einzelnen Piezoelementen. Das von der Ventalnadel 46 abgewandte Ende des Piezoaktors 50 ist mit einem Gehäuse 52 des Injektors verklemmt. Der Piezoaktor 50 ist über Steuerleitungen 54 mit der Endstufe 35 verbunden. Über diese wird dem Piezoaktor 50, in noch darzustellender Art und Weise, die für eine Bewegung des Piezoaktors 50 erforderliche Ansteuerenergie zugeführt.

Die Brennkraftmaschine 10 arbeitet mit Benzindirekteinspritzung, sie kann also sowohl im Schichtbetrieb als auch im Homogenbetrieb betrieben werden. Im Schichtbetrieb liegt nur im Bereich der Zündkerze 30 ein zündfähiges Kraftstoffgemisch vor, wohingegen der restliche Teil des Brennraums 20 von Kraftstoff zumindest zunächst weitgehend frei ist. Dies wird dadurch erreicht, dass der Injektor 26 Kraftstoff während eines Kompressionshubs des Kolbens 14 einspritzt. Möglich ist aber auch, dass der Kraftstoff vom Injektor 26 während eines Saughubs des Kolbens 14 eingespritzt wird, was dazu führt, dass der Kraftstoff weitgehend homogen im Brennraum 20 der Brennkraftmaschine 10 verteilt vorliegt. Auch beliebige Kombinationen sind möglich.

Um eine Einspritzung zu realisieren, wird der Injektor 26 über die Endstufe 35 vom Steuer- und Regelgerät 34 mit einer elektrischen Ansteuerenergie beaufschlagt. Diese führt dazu, dass sich der Piezoaktor 50 in Längsrichtung verlängert. Hierdurch wird die Ventalnadel 46 von ihrem Ventilsitz am Ventilkörper 42 abgehoben, so dass die Ventalnadel 46 in ihren geöffneten Zustand übergeht. Soll die Einspritzung beendet werden, wird die Beaufschlagung des Piezoaktors 50 mit der Ansteuerenergie beendet, so dass dieser wieder seine Ausgangslänge einnimmt und die Ventalnadel 46 an ihrem Ventilsitz in Anlage kommt. Diese Schließbewegung kann durch eine Feder 44

unterstützt werden.

Die Längenänderung des Piezoaktors 50, welche dieser erfährt, wenn an ihn eine elektrische Spannung angelegt wird, hängt jedoch nicht nur von der Höhe der elektrischen Spannung ab, sondern auch von verschiedenen anderen Größen. Diese Größen beeinflussen das Betriebsverhalten des Piezoaktors 50 und werden daher als "Einflussgrößen" bezeichnet. Eine solche Einflussgröße ist bspw. die Temperatur T des Piezoaktors 50. Diese wird vom Temperatursensor 36 erfasst und dem Steuer- und/oder Regelgerät 34 übermittelt. Alternativ kann die Temperatur auch aus einem Modell ermittelt werden.

Eine weitere Einflussgröße ist das Alter des Piezoaktors 50. Hierunter wird nicht nur das Lebensalter verstanden, welches bspw. in Tagen, Monaten und/oder Jahren gemessen werden kann, sondern auch die Anzahl der Hübe, welche der Piezoaktor 50 im Laufe seines Lebens bereits ausgeführt hat. Weiterhin stellt die Fertigungstoleranz, mit welcher der Piezoaktor 50 hergestellt wurde, eine Einflussgröße dar. Auf Grund unterschiedlicher Bedingungen bei der Herstellung des Piezoaktors 50 kann es vorkommen, dass bei gleicher Ansteuerenergie und an sich identischen Piezoaktoren diese doch unterschiedliche Hübe ausführen.

Die vorstehenden Einflussgrößen können dadurch berücksichtigt und kompensiert werden, dass mit Hilfe einer zylinderindividuellen Vorsteuerung ein Vorsteuer-Sollwert  $U_{\text{sollvor}}$  für die Ansteuerspannung des Piezoaktors 50 erzeugt wird. Eine derartige Vorsteuerung ist in der eingangs genannten deutschen Patentanmeldung DE 101 48 217.5 (0607 0840, R. 40438) beschrieben.

In der Figur 3 ist ein Verfahren zur zylinderindividuellen Regelung der Ansteuerspannung des Piezoaktors 50 dargestellt. Dabei ist in der Figur 3 der bereits erwähnte Vorsteuer-Sollwert  $U_{\text{sollvor}}$  für die Ansteuerspannung des Piezoaktors 50 angegeben. Es wird darauf hingewiesen, dass dieser Vorsteuer-Sollwert  $U_{\text{sollvor}}$  nicht



nur auf die vorstehend genannte, in der DE 101 48 217.5 beschriebene Weise ermittelt werden kann, sondern auch auf jegliche andere Art und Weise.

In der Figur 3 ist ein Durchflusssollwert QKsoll für den Kraftstoff vorgegeben, der beispielsweise in Abhängigkeit von der Drehzahl und/oder der anliegenden Last der Brennkraftmaschine 10 zylinderindividuell ermittelt wird. Der Durchflusssollwert QKsoll kennzeichnet diejenige Kraftstoffmasse oder -menge, die aktuell pro Zeiteinheit in den jeweiligen Zylinder 12 der Brennkraftmaschine 10 eingespritzt werden soll.

Dieser Durchflusssollwert QKsoll wird zylinderindividuell mit Hilfe eines von einer sogenannten Zylindergleichstellung erzeugten Faktors f<sub>zg</sub> korrigiert. Bei dieser Zylindergleichstellung werden die Beschleunigungen der Kurbelwelle 16 nach der Zündung des Gemischs in den einzelnen Zylindern gemessen. Aus den Abweichungen unterschiedlicher Zylinder kann auf unterschiedlich eingespritzte Kraftstoffmengen und damit auf unterschiedliche Hübe der einzelnen Piezoaktoren 50 bei an sich gleicher Ansteuerenergie geschlossen werden. Diese Unterschiede werden dadurch kompensiert, dass die Ansteuerenergie für die einzelnen Piezoaktoren 50 korrigiert wird, um innerhalb eines Arbeitsspiels der Kurbelwelle 16 einen möglichst gleichförmigen Drehmomentverlauf zu erhalten. Diese Korrektur erfolgt mit Hilfe des Faktors f<sub>zg</sub>, der multiplikativ mit dem Durchflusssollwert QKsoll verknüpft wird. Es versteht sich, dass die beschriebene Zylindergleichstellung auch anders ausgebildet oder gar nicht vorhanden sein kann.

Der korrigierte Durchflusssollwert QKsoll wird daraufhin mittels einer Kennlinie 60 in denjenigen Nadelhub umgesetzt, der erforderlich ist, damit die erwünschte Kraftstoffmenge von dem Injektor 26 in den Brennraum 20 eingespritzt wird. Dieser Nadelhub wird additiv mit einem druckabhängigen Wert verknüpft, der über eine Kennlinie 62 in Abhängigkeit von dem gemessenen Druck PRist in der Kraftstoff-Sammelleitung des Kraftstoffsystems 28 ermittelt wird. Letzteres stellt eine druckabhängige Korrektur des Nadelhubs des Injektors 26 dar.

Auf diese Weise wird ein Soll-Hub  $H_{soll}$  für die Ventilnadel 46 des Injektors 26 erzeugt. Dieser Soll-Hub  $H_{soll}$  kann unter anderem auch bei der bereits erwähnten Vorsteuerung verwendet werden, so dass der Vorsteuer-Sollwert  $U_{sollvor}$  eine Funktion dieses Soll-Hubs  $H_{soll}$  sein kann.

Ein Teil des Stroms, mit dem der Piezoaktor 50 des Injektors 26 beaufschlagt wird, wird (in nicht-dargestellter Weise) einem Kondensator beispielsweise in Form einer Parallelschaltung zugeführt. Während der Einschaltzeit dieses Stroms, also während der Piezoaktor 50 angesteuert wird, wird somit auch dieser Kondensator aufgeladen. Nach jeder Einschaltzeit stellt die Spannung an dem Kondensator einen Wert für die dem Piezoaktor 50 zugeführte Ladungsmenge dar. Dieser Wert ist in der Figur 3 als Ladungsmengenistwert  $QC_{ist}$  angegeben. Diese Ladungsmessung wird aufeinanderfolgend für jede Einschaltzeit des Piezoaktors 50 durchgeführt, so dass für jede Zuführung einer Ladungsmenge zu dem Piezoaktor 50 ein zugehöriger Ladungsmengenistwert  $QC_{ist}$  vorhanden ist.

Der Ladungsmengenistwert  $QC_{ist}$  wird mit Hilfe einer Kennlinie 64 in einen Ist-Hub  $H_{ist}$  umgerechnet. Hierzu repräsentiert die Kennlinie 64 den Zusammenhang zwischen der zugeführten Ladungsmenge und dem daraus resultierenden Hub der Ventilnadel 46 des Injektors 26 in Abhängigkeit von der Temperatur  $T$  des Injektors 26. Die Temperatur  $T$  wird dabei von dem Temperatursensor 36 gemessen und das von der Kennlinie 64 erzeugte Ausgangssignal wird multiplikativ mit dem Ladungsmengenistwert  $QC_{ist}$  verknüpft.

Die Differenz zwischen dem Soll-Hub  $H_{soll}$  und dem Ist-Hub  $H_{ist}$  wird einem PI-Regler 66 zugeführt. Mit diesem PI-Regler 66 wird eine zylinderindividuelle Ladungsregelung durchgeführt. Dies wird dadurch erreicht, dass das Ausgangssignal des PI-Reglers 66 additiv mit der beschriebenen Vorsteuerung verknüpft wird. Es wird also das Ausgangssignal des PI-Reglers 66 dem Vorsteuer-Sollwert  $U_{sollvor}$  für die

Ansteuerspannung des Piezoaktors 50 hinzugefügt.

Als Ergebnis entsteht ein Sollwert  $U_{\text{soll}}$ , mit dem der Piezoaktor 50 angesteuert wird.

Diese Ansteuerung erfolgt dabei, wie erläutert, über eine Endstufe, mit der unter

- 5 anderem der Sollwert  $U_{\text{soll}}$  in einen Stromwert bzw. insbesondere in einen Schwellwert für den Strom zu dem Piezoaktor 50 umgesetzt wird.

Über das Ausgangssignal des PI-Reglers 66 wird damit der Sollwert  $U_{\text{soll}}$  beeinflusst, was zur Folge hat, dass der dem Piezoaktor 50 zugeführte Strom verändert wird. Dies stellt gleichzeitig eine Veränderung der dem Piezoaktor 50 zugeführten Ladungsmenge dar, was wiederum mit Hilfe des erwähnten Kondensators in der Form eines nachfolgenden Ladungsmengenistwerts festgestellt wird. Der Regelkreis ist damit geschlossen.

- 15 Insgesamt weist das in der Figur 3 dargestellte Verfahren somit eine Vorsteuerung für die Ansteuerung des Piezoaktors 50 auf, die durch eine Ladungsregelung ergänzt ist. Das beschriebene Verfahren ist dabei zylinderindividuell ausgebildet, wobei zusätzlich eine Zylindergleichstellung vorhanden sein kann.

- 20 Eine Voraussetzung für das vorstehend anhand der Figur 3 beschriebene Verfahren besteht darin, dass die Ladungsmessung, also die Ermittlung des Ladungsmengenistwerts  $Q_{\text{Cist}}$ , ausreichend genau und schnell durchgeführt werden kann. Ist die Ladungsmessung nicht ausreichend genau, so ist es möglich, dies durch eine Mittelung der aufeinanderfolgenden Ladungsmessungen, also der
- 25 aufeinanderfolgenden Ladungsmengenistwerte auszugleichen. Ist die Ladungsmessung nicht ausreichend schnell, so kann dies durch das nachfolgend anhand der Figur 4 erläuterte Verfahren ausgeglichen werden.

- Figur 4 zeigt eine Ergänzung zu dem Verfahren der Figur 3. Wie in der Figur 3, so wird
- 30 auch in der Figur 4 das Ausgangssignal des PI-Reglers 66 mit dem Vorsteuer-Sollwert

Usollvor für die Ansteuerspannung des Piezoaktors 50 additiv verknüpft. Das Ergebnis dieser Addition stellt eine Spannung UZ dar. Aus dieser Spannung UZ und einer Spannung UA wird daraufhin eine Differenz gebildet. Bei der Spannung UA handelt es sich dabei um den Istwert der an dem Piezoaktor 50 anliegenden Spannung, die  
 5 ihrerseits abhängig ist von dem dem Piezoaktor 50 zugeführten Strom bzw. der zugeführten Ladungsmenge.

Die Differenz aus den Spannungen UZ und UA wird einem weiteren PI-Regler 68 zugeführt. Mit diesem PI-Regler 68 wird eine zylinderindividuelle Spannungsregelung durchgeführt. Dies wird dadurch erreicht, dass das Ausgangssignal des PI-Reglers 68  
 10 additiv mit der beschriebenen Vorsteuerung verknüpft wird. Hierzu wird das Ausgangssignal des PI-Reglers 68 der Spannung UZ hinzugefügt. Als Ergebnis entsteht der Sollwert Usoll, mit dem der Piezoaktor 50, wie erläutert, angesteuert wird.

15 Über das Ausgangssignal des PI-Reglers 68 wird somit der Sollwert Usoll beeinflusst, was zur Folge hat, dass der dem Piezoaktor 50 zugeführte Strom verändert wird. Dies stellt gleichzeitig eine Veränderung der an dem Piezoaktor 50 anliegenden Spannung UA dar. Der Regelkreis ist damit geschlossen.

20 Insgesamt weist das in den Figuren 3 und dargestellte Verfahren somit eine Vorsteuerung für die Ansteuerung des Piezoaktors 50 auf, die durch eine  
 25 Ladungsregelung und eine nachgeordnete Spannungsregelung ergänzt ist.

5 29.01.2003

Robert Bosch GmbH . 70442 Stuttgart

### Ansprüche



1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine(10). bei dem Kraftstoff von einem Injektor (26) in einen Brennraum (20) eingespritzt wird. wobei der Injektor (26) einen ansteuerbaren Piezoaktor (50) aufweist. und bei dem ein Vorsteuer-Sollwert (Usollvor) für die Ansteuerung des Piezoaktors (50) erzeugt wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Vorsteuer-Sollwert (Usollvor) mit einer Ladungsregelung der dem Piezoaktor (50) zugeführten Ladungsmenge verknüpft wird.

15

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Ausgangssignal der Ladungsregelung additiv mit dem Vorsteuer-Sollwert (Usollvor) verknüpft wird.



20

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei die Ansteuerung des Piezoaktors (50) zu einer Bewegung einer Ventalnadel (46) führt, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Ladungsregelung ein Soll-Hub (Hsoll) und ein Ist-Hub (Hist) der Ventalnadel (46) des Injektors (26) miteinander verknüpft werden, vorzugsweise durch eine Differenzbildung.

25

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Ist-Hub (Hist) in Abhängigkeit von der dem Piezoaktor (50) zugeführten Ladungsmenge ermittelt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die dem Piezoaktor (50) zugeführte Ladungsmenge in Abhängigkeit von einer Spannung an einem Kondensator ermittelt wird, der von einem Teil des dem Piezoaktor (50) zugeführten Stroms beaufschlagt wird.
- 5 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Soll-Hub (Hsoll) aus einem Durchflusssollwert (QKsoll) ermittelt wird, der diejenige Kraftstoffmasse oder -menge darstellt, die pro Zeiteinheit eingespritzt werden soll.
- 10 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Vorsteuer-Sollwert (Usollvor) in Abhängigkeit von dem Soll-Hub (Hsoll) ermittelt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Ladungsregelung einen PI-Regler (66) aufweist.
- 15 9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Ladungsregelung mit einer Spannungsregelung verknüpft wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannungsregelung der Ladungsregelung nachgeordnet ist.
- 20 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die von der Ladungsregelung erzeugte Spannung (UZ) mit einer dem Istwert der an dem Piezoaktor (50) anliegenden Spannung (UA) verknüpft wird, vorzugsweise durch Differenzbildung.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannungsregelung einen PI-Regler (68) aufweist.
- 25 13. Computerprogramm mit einer Mehrzahl von Programmbefehlen, die derart programmiert sind, dass bei deren Durchführung ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12 ausgeführt wird.

14. Speichermedium, auf dem ein Computerprogramm gespeichert ist, das derart programmiert ist, das bei dessen Ausführung ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12 ausgeführt wird.

5 15. Steuer- und/oder Regelgerät (34) hergerichtet zur Anwendung in einem Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12.

16. Brennkraftmaschine (10) insbesondere für ein Kraftfahrzeug mit einem Steuer- und/oder Regelgerät (34) hergerichtet zur Anwendung in einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12.

FIG. 1

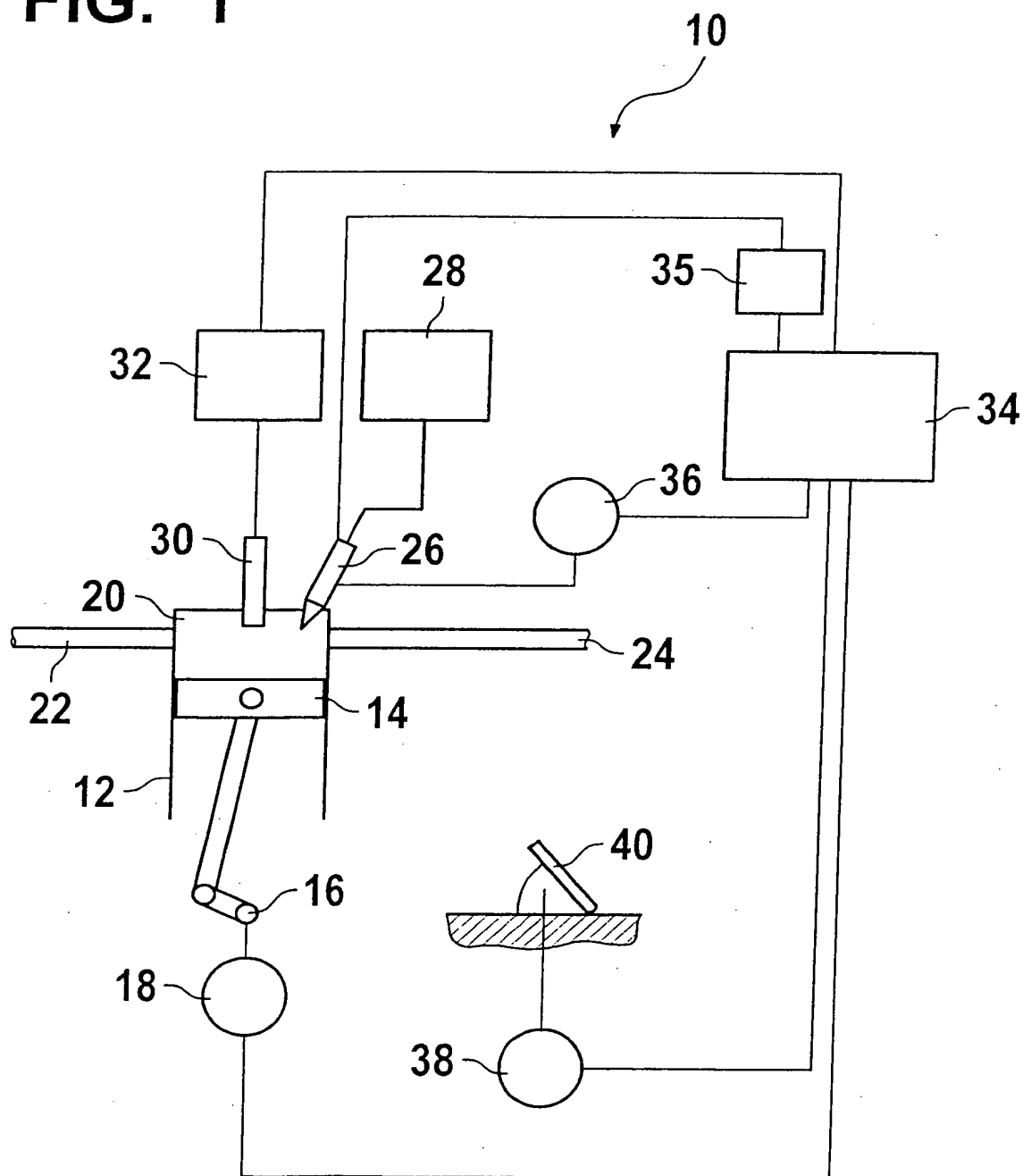




FIG. 2

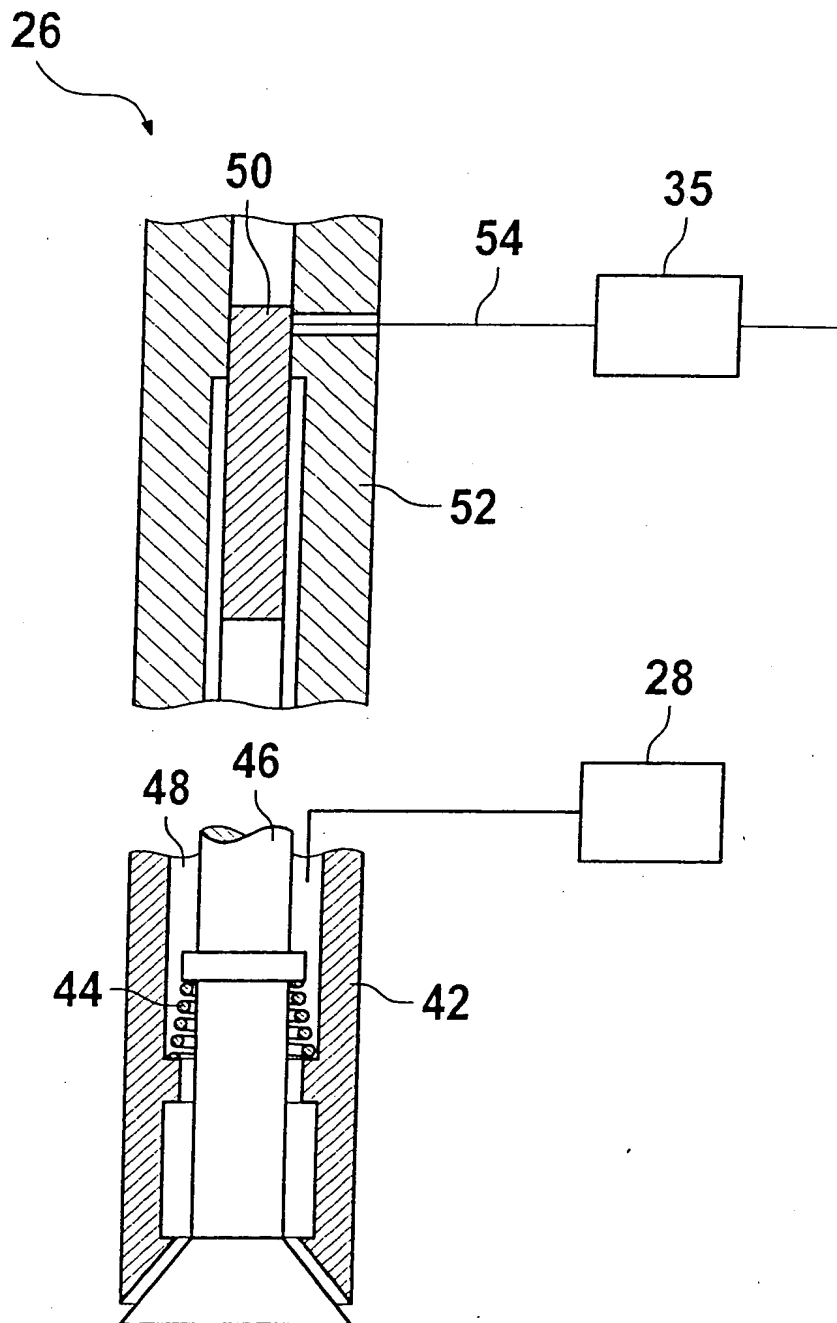


FIG. 3

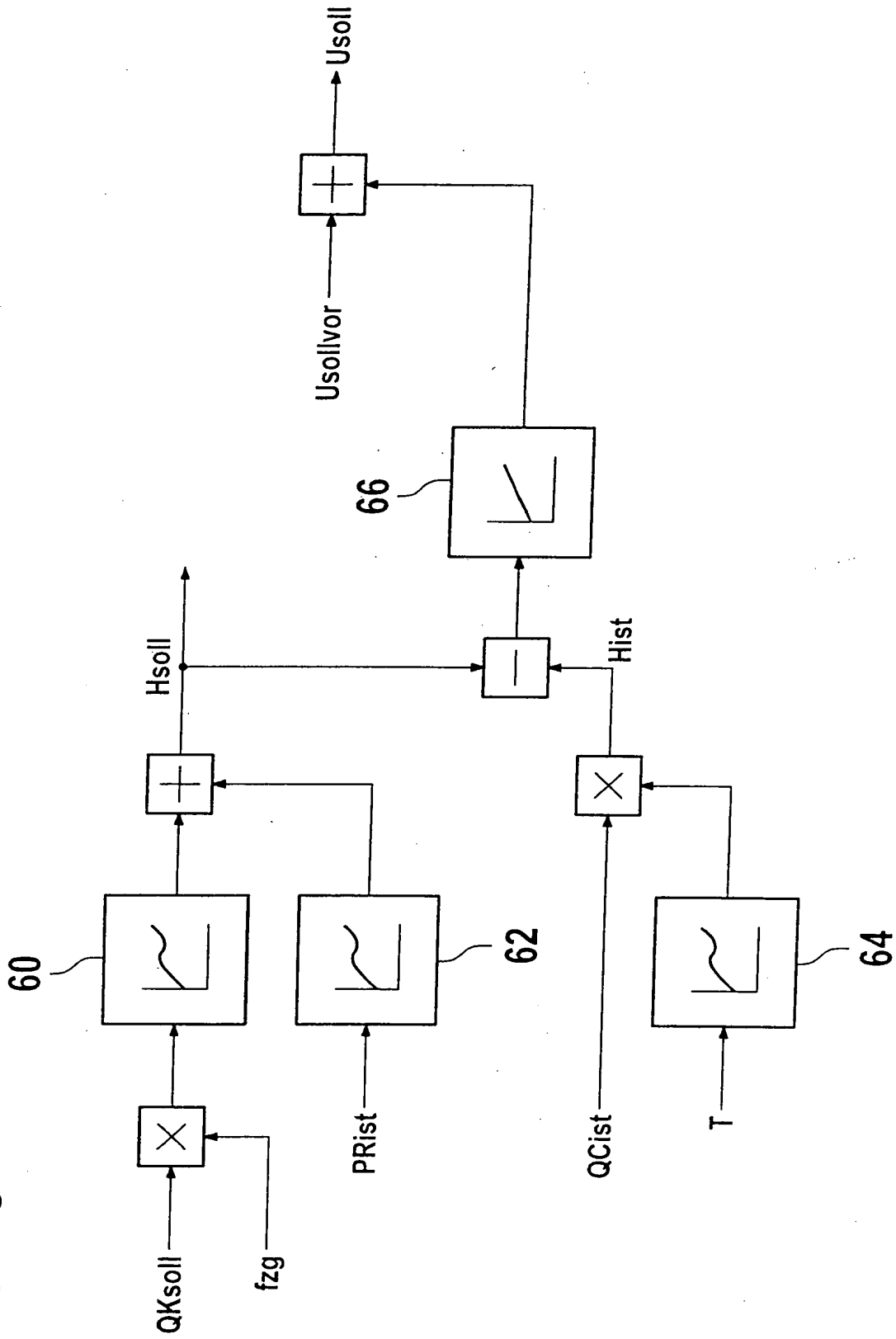
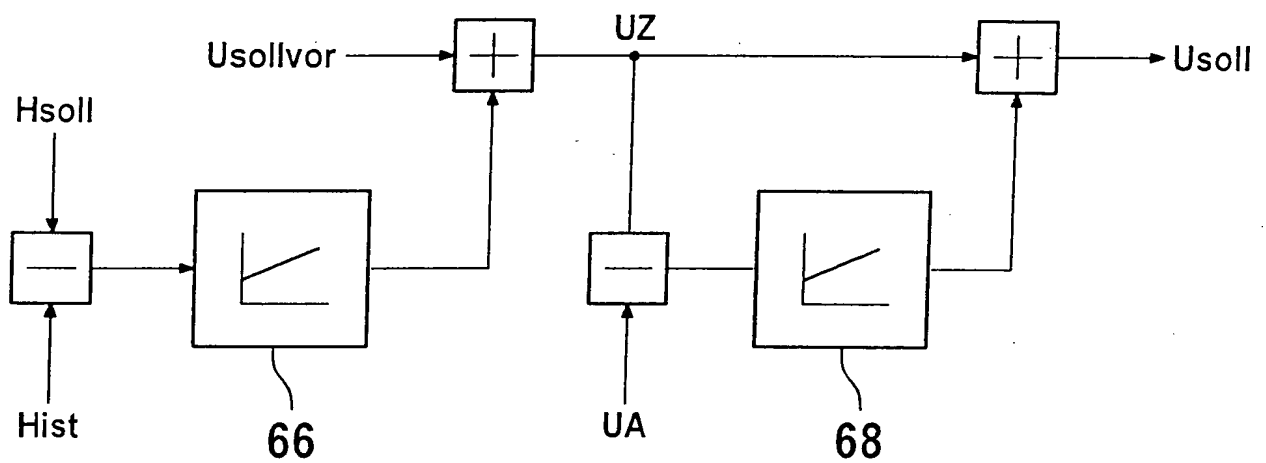


FIG. 4



5 29.01.2003

Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

Verfahren, Computerprogramm, Speichermedium und Steuer- und/oder Regelgerät zum  
Betreiben einer Brennkraftmaschine sowie Brennkraftmaschine insbesondere für ein  
Kraftfahrzeug

#### Zusammenfassung

- 15 Es wird ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine beschrieben, bei dem Kraftstoff von einem Injektor in einen Brennraum eingespritzt wird. Der Injektor weist einen ansteuerbaren Piezoaktor auf. Bei dem Verfahren wird ein Vorsteuer-Sollwert (Usollvor) für die Ansteuerung des Piezoaktors erzeugt. Der Vorsteuer-Sollwert (Usollvor) wird mit einer Ladungsregelung der dem Piezoaktor zugeführten
- 20 Ladungsmenge verknüpft. Figur 3

FIG. 3

